

高校

化学

演習と問題

富田 功 共著
目良 誠二



裳華房

高 校
化 学

— 演習と問題 —

お茶の水女子大学教授 理学博士

富田 功

東京市立新田高等学校図書印

江苏工业学院图书馆
共 著
藏 书 章

東 京 裳 華 房 発 行

著者略歴

富田 功	1956年	東京大学理学部化学科卒
	1968年	東京教育大学理学部助教授
	1977年	筑波大学化学系助教授
	1978年	東京水産大学教授
	1986年	お茶の水女子大学理学部教授
目良誠二	1952年	東京教育大学理学部化学科卒
現在		東京都立新宿高等学校教諭

定価 1339 円

高校 化 学 —演習と問題—

(本体 1300 円)

1990 年 1 月 25 日 第 1 版 印刷

1990 年 1 月 30 日 第 1 版 発行©

著作者の了解に
より検印を省略
いたします

著 作 者	とみ 富	た 田	い き お 功
	め 目	ら 良	せい 誠
発 行 者	吉	野	達
発 行 所	東京都千代田区四番町 8 番地 電 話 東 京 262-9166 (代) 郵 便 番 号 102		
	株式会社 裳 華 房		
印 刷 所	株式会社 真 興 社		
製 本 所	板倉製本印刷株式会社		



社団法人
自然科学書協会会員

本書の内容の一部あるいは全部を
無断で複写複製（コピー）するこ
とは、法律で認められた場合を除
き、著作者および出版社の権利の
侵害となりますので、その場合は
予め小社あて許諾を求めて下さい

ISBN 4-7853-9213-4

Printed in Japan

は し が き

本書は、高校化学の問題演習を目的としてつくられたものであり、高校で学習する化学の授業やテスト、とくに大学入試の化学に対処しようとするものである。

大学入試の化学に対処するとは、高校で学習する化学を完全にマスターすることであり、その勉強方法は特別なものではなく、ごく基本的なパターンによる。すなわち、まず各項目の基本事項を知ること、つづいてこれらを確実に理解すること、さらに応用力をつけることである。そしてこれらを具体的に実行することが「かぎ」であり、これらの実行には問題演習がともなうことになる。本書は、この基本的なパターンの勉強方法を、具体的に、スムーズに実行できるようにすることを目標として編集したものであり、その構成は、各章とも節ごとに次のようになっている。なお、本書に用いた問題は、すべて大学入試に出題されたものから精選してある。

○ **ポイント** 各節の各項目ごとに基本事項をまとめ、その内容を簡潔に記した。

○ **例題** その節の典型的な問題を選び、問題ごとに解説し、問題の解き方を知るとともに、「ポイント」にある基本事項の理解の確認や補足をする。

○ **演習問題A** 基本問題を中心とし、これを解くことによって「ポイント」にある基本事項の知識を確認するとともに、理解を確実にする。

○ **演習問題B** 演習問題Aを発展させた問題で、これを解くことによって基本事項の理解をさらに深めるとともに応用力をつける。

さらに、各章の終りに、**章末問題**として総合的な問題、発展的な問題をお

き，章全体の復習，各項目間の知識の相互関係が理解できるようにした。

本書の作成にあたり，裳華房編集部 of 坂倉正昭氏に大変なご苦勞をおかけした。ここに記して厚く御礼申し上げる。

1990 年 1 月

富 田 功

目 良 誠 二

高校課程 **数 学 I** 茂 木 勇 著
330 頁・定価 1236 円

主要目次 1 数と式 2 方程式と不等式 3 式と証明 4 関数 5 平面図形と式 6 三角比

高校課程 **基 礎 解 析** 茂 木 勇 著
258 頁・定価 1236 円

主要目次 1 指数・対数 2 三角関数 3 数列 4 微分・積分

高校課程 **代 数 ・ 幾 何** 茂 木 勇 著
252 頁・定価 1236 円

主要目次 1 2次曲線 2 平面上のベクトル 3 行列 4 空間図形とベクトル

高校課程 **微 分 ・ 積 分** 茂 木 勇 著
288 頁・定価 1236 円

主要目次 1 極限 2 微分法 3 微分法の応用 4 積分法 5 積分法の応用

高校課程 **物 理 (全訂版)** 原 島 鮮 著

全二冊 上巻: 252 頁・定価 1100 円 下巻: 296 頁・定価 1236 円

主要目次 [上巻] 物理学を学ぶ高校生諸君に 1 速度と加速度 ベクトル 2 落下運動 放物運動 単振動 3 運動の法則 4 簡単な運動と力 5 力学的エネルギー保存の法則 6 運動量保存の法則 7 加速度系 仮想的な力 8 月・人工衛星・惑星の運動 9 温度と熱 10 熱とエネルギー 不可逆過程 11 分子の運動
[下巻] 12 波 13 音波 14 光波 15 電流と電気量 16 磁界 17 電磁誘導 18 真空管と半導体 19 光子と電子の粒子性と波動性 20 原子・原子核と放射能

高校課程 **化 学** — 理論編 — 長 島 弘 三 著
— 物質編 — 目 良 誠 二

全二冊 理論編: 300 頁・定価 1236 円 物質編: 324 頁・定価 1339 円

主要目次 [理論編] 1 化学の基礎 2 物質の構造 3 物質の状態 4 化学反応

[物質編] 1 元素の周期表 2 非金属とその化合物 3 金属とその化合物 4 有機化合物 5 高分子化合物

高校課程 **生 物** 太 田 次 郎 著
松 本 信 義 著
薄 葉 重

354 頁・定価 1442 円

主要目次 1 生物体の成り立ち 2 生物体の形成 3 遺伝 4 生命の起源と進化 5 物質交代 6 調節 7 生物の集団

高校 **数 学 I** — 演習と問題 茂 木 勇 著
262 頁・定価 1339 円

高校 **化 学** — 演習と問題 富 田 功 著
目 良 誠 二 著
244 頁・定価 1339 円

目 次

第1章 物質の構造

1.1 原子・分子	1	1.4 化学結合と結晶の種類	16
1.2 物質量	6	章末問題	24
1.3 化学式と化学反応式	11		

第2章 物質の状態

2.1 物質の三態	28	2.4 希薄溶液	41
2.2 気体の法則	32	2.5 コロイド溶液	46
2.3 溶液	37	章末問題	50

第3章 物質の反応

3.1 化学反応と熱	54	3.5 酸化還元反応	78
3.2 反応速度	59	3.6 電池と電気分解	85
3.3 化学平衡	63	章末問題	95
3.4 酸・塩基・pH	69		

第4章 無機物質

4.1 元素の周期表	99	4.3 金属元素とその化合物	118
4.2 非金属元素とその化合物	106	章末問題	131

第5章 有機化合物

5.1 化学式の決定	135	5.2 脂肪酸化合物	140
------------------	-----	------------------	-----

5.3 芳香族化合物	150	5.5 合成高分子化合物とゴム...	167
5.4 油脂・糖類・タンパク質...	157	章末問題	172
問題解答			177
索引			231

第1章 物質の構造

1.1 原子・分子

<ポイント>

〔1〕 原子説・分子説

- ① 化学の基礎法則 質量保存の法則，定比例の法則，倍数比例の法則，気体反応の法則
- ② ドルトンの原子説 物質は原子からなり，同じ元素の原子は同じ。化合物は異なる原子がきまった数で集合。化学変化によって原子は変らない。
- ③ アボガドロの分子説 気体は分子からなり，分子はいくつかの原子からなる。同温・同圧・同体積の気体中には同数の分子を含む。

〔2〕 原子の構造

- ① 原子の構造

{	中心……原子核	$\left\{ \begin{array}{l} \text{陽子；+に帯電} \\ \text{中性子；帯電していない} \end{array} \right.$
	まわり……………電子；-に帯電	

- ②

{	原子番号＝陽子の数＝電子の数
	質量数＝陽子の数＋中性子の数

- ③ 同位体 原子番号が同じで質量数が互いに異なる原子。

〔3〕 電子配置とイオン・周期表

- ① 電子殻

{	名 称	⇨	K	L	M	N	O	P
	最大電子数	⇨	2	8	18	32	50	72

- ② 価電子 最外殻の電子。ただし，0族の価電子の数は0とする。

- ③ { 陽イオン 価電子の少ない原子が価電子を放出したときできる。
陰イオン 価電子の数が8に近い原子が電子を受け入れたとき
できる。
- ④ 同族の元素 周期表の縦の列の元素で、価電子の数が等しく、性質が類似
- ⑤ 典型元素 1A・2A, 2B~7Bの各族の元素。原子番号が増すと価電子が増加する。
- ⑥ 遷移元素 3A~7A, 8, 1Bの各族の元素。原子番号が増すと内側の電子殻の電子が増加する。すべて金属元素である。

〔例題 1〕 化学の基礎法則と原子説

次の(1), (2)に最も適するものを、下記のア~エから選べ。

- (1) 定比例の法則を示しているもの
(2) ドルトンの原子説で説明できないもの

ア 水素 0.1 g を空気中で燃焼させると、酸素 0.8 g が化合して水 0.9 g が生成した。

イ 水素と酸素から水ができるとき、反応する水素と酸素の体積比は 2 : 1 となる。

ウ 水素 0.1 g, 0.2 g, 0.3 g を空気中で燃焼させて水とすると、化合する酸素の質量はそれぞれ 0.8 g, 1.6 g, 2.4 g である。

エ 水と過酸化水素は、いずれも水素と酸素を成分元素とし、水素 1 g と化合している酸素は、水では 8 g, 過酸化水素は 16 g で、その比は $8 : 16 = 1 : 2$ のように簡単な整数比となっている。

〔解〕 (1) 定比例の法則は、次のように表される。

「ある化合物を構成する成分元素の質量比は、つねに一定である」

ウにおいて、水素と酸素から水が生成するときの質量比は次のようである。

$$\text{水素} : \text{酸素} = 0.1 : 0.8 = 1 : 8$$

$$=0.2:1.6=1:8$$

$$=0.3:2.4=1:8$$

よって、水を構成する水素と酸素の質量が一定していることを示している。

(2) イのように、反応する気体の体積の関係（気体反応の法則）は、アボガドロの分子説によって説明される。 [答] (1)ーウ (2)ーイ

〔例題 2〕 原子の構造

ある元素には、A と B の二つの同位体がある。A の原子番号は n で、A と B の質量数を加えると $2m$ になり、A は B より質量数が $2p$ だけ大きい。次の数はそれぞれいくつか。

(1) B 原子の電子の数 (2) A の原子核中の中性子の数

〔解〕 (1) 原子では、原子番号＝電子の数 よって、電子の数は n

(2) 中性子の数を A は x 、B は y とすると、次の関係がある。

$$(n+x) + (n+y) = 2m \quad \text{①}$$

$$(n+x) - (n+y) = 2p \quad \text{②}$$

$$\text{①} + \text{②} \text{ より } 2(n+x) = 2m + 2p$$

$$\text{よって } x = m + p - n$$

[答] (1) n (2) $m + p - n$

〔例題 3〕 イオンの電子配置

次の a～d の陽イオンと陰イオンの組み合わせのうち、両イオンが同じ電子配置になっているものはどれか。また、それは下記のア～ウのどの電子配置か。

a Li^+ , F^- b Na^+ , Cl^- , c K^+ , S^{2-} d Ca^{2+} , O^{2-}

ア He イ Ne ウ Ar

〔解〕 電子の数は a Li^+ ; $3-1=2$, F^- ; $9+1=10$ b Na^+ ; $11-1=10$, Cl^- ; $17+1=18$ c K^+ ; $19-1=18$, S^{2-} ; $16+2=18$ d Ca^{2+} ; $20-2=18$, O^{2-} ; $8+2=10$ よって、c で Ar [答] c, ウ

演習問題 A

1. (化学の基礎法則) 気体反応の法則を直接支持する実験事実は、次のア～ウのうちのどれか。

- ア. 水素 1 l と反応する酸素の体積は一定である。
 イ. 空気中の窒素と酸素の体積比は約 4 : 1 である。
 ウ. 酸素、水素の分子式はそれぞれ O_2 、 H_2 である。
 エ. 水を電気分解して得られる水素と酸素との体積比はつねに 2 : 1 である。

2. (原子の構造) 酸素原子 $^{16}_8O$ について、その電子、中性子、陽子の数および質量数を比べたア～エの各組のうちで、数値の等しいものはどれか。

- ア 電子の数と中性子の数 イ 中性子の数と陽子の数
 ウ 陽子の数と電子の数 エ 電子の数と質量数 (愛媛大)

3. (イオンの構造) 2 価のマンガンイオン 1 個は 23 個の電子をもつ。質量数 55 のマンガン原子の原子核 1 個の中には何個の中性子が含まれるか。
 (自治医大)

4. (電子配置) 次の図 1～3 について、以下の (a)～(c) の間に答えよ。

(a) 原子の電子配置が図 1 で表される元素と

同族の元素のうち、原子番号が最も小さいものは何か。その元素記号を記せ。



図 1



図 2

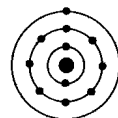


図 3

(b) 2 価の陽イオンの電子配置が図 1 で表わされる元素は何か。その元素記号を記せ。

(c) 原子の電子配置がそれぞれ図 2、図 3 で表わされる 2 つの元素からつくられる化合物を、次の ㉠～㉤のうちから 1 つ選べ。

- ㉠ LiF ㉡ Li_2O ㉢ KCl ㉣ CaS ㉤ $BeCl_2$ ㉥ NaF
 ㉦ NaCl ㉧ $CaCl_2$ ㉨ CO_2 ㉩ CF_4 (共通一次)

演習問題 B

5. (化学の基礎法則) 次の (1)～(4) の文中の 内に適当な数値

を、また、それぞれの文に最も関係のある法則名を下記の(a)～(e)より選び、その記号を記せ。原子量 $N=14$, $O=16$

- (1) 1体積の窒素と3体積の水素が反応するとア[]体積のアモンニアが発生する。
- (2) 0°C , 1 atm の気体 5.6 l 中に含まれる分子の数は約 イ[] 個である。
- (3) 酸化銅(II)の黒色粉末 1.0 g を熱して水素ガスを通じたら銅粉 0.8 g が得られた。この酸化物中の銅と酸素の質量比は ウ[] : 1 である。
- (4) 一酸化窒素 30 g 中の酸素と、二酸化窒素 46 g 中の酸素の質量比は 1 : エ[] である。

- (a) 質量保存の法則 (b) 定比例の法則 (c) アボガドロの法則
(d) 倍数比例の法則 (e) 気体反応の法則 (日本大)

6. (原子の構造) 次の文の [] 内に適当な語句, () 内に適当な数字または記号を記せ。

原子は、陽子と中性子の集団である原子核と電子から構成されており、電気的に中性である。このことは、A[] の数と B[] の数が等しいことを示している。ある原子の原子番号を Z とすると、原子核のもつ電気量は $a[]$ であり、電子のもつ電気量の総和は $b[]$ である。したがって、電子の数が原子番号より少なければ C[] に、多ければ D[] になる。また、ある原子の原子核に 11 個の陽子と 12 個の中性子とが含まれている場合、その原子番号は $e[]$ 、質量数は $d[]$ 、原子のもつ電子数は $e[]$ となる。 (神奈川大)

7. (同位体) 次の記述のうち、正しいものはどれか。

- (1) 同位体とは、同じ元素に属するが、性質の異なるもの、例えばダイヤモンドと黒鉛、をいう。
- (2) 同位体とは、ランタノイド元素やアクチノイド元素のように、お互いの性質が極めてよく似た元素群の総称である。
- (3) 同位体とは、質量数の等しい原子核をもつ原子同士をいう。
- (4) 同位体とは、陽子の数が等しく中性子の数の異なる原子核をもつ原子同

士をいう。

- (5) 同位体には、放射能をもつものと、もたないものがある。 (東工大)

8. (電子配置) 次の原子A～Fについて、その原子番号を記す。以下の設問に答えよ。

A : 6 B : 1 C : 8 D : 20 E : 11 F : 17

- (1) A～Fの元素記号、最外電子殻、その電子殻に配置された電子の数を記せ。
- (2) 2価の陽イオンになったとき、アルゴンと同じ電子配置をもつものを元素記号で示せ。
- (3) 次の化学式のうち、実際には存在しえないものはどれか。

AC₂, BF, DC, AF₄, DF₂, E₂C, EB₂, AB₄ (大阪市大)

1.2 物 質 量

<ポイント>

〔1〕 原子量・分子量・式量

- ① 原子量 $^{12}\text{C}=12$ を基準とした、各元素の原子の質量を表した数値。
- ② 原子量と 同 位 体 元素の原子量 = $\left(\frac{\text{同位体の}}{\text{原子質量}} \right) \times \frac{\text{存在}\%}{100}$ の和
- ③ 分子量 分子を構成している原子の原子量の総和
- ④ 式 量 組成式やイオン式の各原子の原子量の総和

〔2〕 物 質 量

- ① 1 mol の $\left\{ \begin{array}{l} \text{原 子} \quad 6.02 \times 10^{23} \text{ 個の原子, 原子量 } M \text{ のとき } M \text{ g} \\ \text{分 子} \quad 6.02 \times 10^{23} \text{ 個の分子, 分子量 } M \text{ のとき } M \text{ g} \\ \text{イオン} \quad 6.02 \times 10^{23} \text{ 個のイオン, 式量 } M \text{ のとき } M \text{ g} \end{array} \right.$
- ② アボガドロ定数 1 mol 当りの粒子数で $6.02 \times 10^{23} / \text{mol}$
- ③ 気体 1 mol 0°C, 1 atm で 22.4 l を占める。

〔例題 1〕 原子の質量と原子量

質量数 12 の炭素原子 1 個の質量は $1.99 \times 10^{-23} \text{ g}$ ，ヨウ素原子 1 個の平均質量は $2.11 \times 10^{-22} \text{ g}$ とすると，ヨウ素の原子量はどれだけか。

〔解〕 ヨウ素の原子量を x とすると， $^{12}\text{C}=12$ から次のように求められる。

$$1.99 \times 10^{-23} : 2.11 \times 10^{-22} = 12 : x$$

$$\text{ゆえに } x \div 127$$

〔答〕 127

〔例題 2〕 原子量と同位体の存在率

天然のカリウムは，おもに ^{39}K と ^{41}K の混合物である。カリウムの原子量を 39.102 として， ^{41}K の存在率 (%) の最も近いものは次のうちのどれか。

- ① 4.5 ② 4.7 ③ 4.9 ④ 5.1 ⑤ 5.3

〔解〕 同位体の原子質量は $^{39}\text{K} \div 39$ ， $^{40}\text{K} \div 41$ であることから， ^{41}K の存在率を $x\%$ とすると，次のようになる。

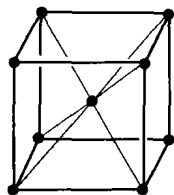
$$39 \times \frac{100-x}{100} + 41 \times \frac{x}{100} = 39.102$$

$$\text{ゆえに } x = 5.1$$

〔答〕 ④

〔例題 3〕 アボガドロ定数と原子量

ある 1 つの元素だけからなる密度 3.74 g/cm^3 の結晶を X 線で調べたところ，右図のような 1 辺の長さ $5.00 \text{ \AA}$ の体心立方格子の構造をもつことがわかった。この元素の原子量を求めよ。アボガドロ定数は $6.0 \times 10^{23} / \text{mol}$ とする。



〔解〕 各頂点の原子は 8 個の格子をかねていることから，この立方格子中の原子の数は $\frac{1}{8} \times 8 + 1 = 2$ (個)

この立方体の体積は， $1 \text{ \AA} = 10^{-8} \text{ cm}$ より $(5.00 \times 10^{-8})^3 \text{ cm}^3$

この立方体の質量は， $3.74 \times (5.00 \times 10^{-8})^3 \div 4.68 \times 10^{-22} \text{ (g)}$

この元素の原子量を x とすると，次の関係が成り立つ。

$$2 : 6.0 \times 10^{23} = 4.68 \times 10^{-22} : x$$

ゆえに $x=140.4$

〔答〕 140

〔例題 4〕 原子量・分子量・物質質量

次の (A) に定義された記号を用いて、(B) に該当する数値を示す式を記せ。

(A) m : 気体の質量 (g) M : 分子量 A : 原子量 N : アボガドロ定数 D : 0°C , 1 atm における気体の密度 (g/l) V : 0°C , 1 atm における気体 1 mol の体積 (l)

(B) (1) 原子 1 個の質量 (2) 気体 m g 中の分子の数 (3) 0°C ,
1 atm における気体 vl の質量 (g) (4) 0°C , 1 atm における密度 D g/l の
気体の分子量 (山口大)

〔解〕 (1) 原子 1 mol 当りの原子の数がアボガドロ定数 (N) であり、その質量は A g. よって原子 1 個の質量は $\frac{A}{N}$ (g)

(2) 気体 M g の分子の数は N 個であるから、気体 m g の分子の数は $\frac{mN}{M}$

(3) 0°C , 1 atm で V l の気体が M g であるから、 vl の質量は $\frac{vM}{V}$ (g)

また、 0°C , 1 atm で 1 l の質量が D g であるから、 vl の質量は vD (g)

(4) 0°C , 1 atm で 1 l の気体が D g であるから、 V l (1 mol の気体の体積) の質量は VD g. よって分子量は VD

〔答〕 (1) $\frac{A}{N}$ (2) $\frac{mN}{M}$ (3) $\frac{vM}{V}$ (4) VD

演 習 問 題 A

9. (同位体と原子量) 天然の銅は ^{63}Cu と ^{65}Cu からなり、これらの原子質量および存在率は、それぞれ ^{63}Cu が 62.93, 69.2%, ^{65}Cu が 64.93, 30.8% である。銅の原子量はどれだけか。有効数字 3 桁で示せ。

10. (反応量と原子量) ある金属 M の w g を酸化して M_2O_3 の化学式で表される酸化物 ng を得た。金属 M の原子量を求めよ。酸素の原子量を 16 とする。 (立命館大)

11. (質量・式量と物質質量) 全海洋の容積は $1.34 \times 10^9 \text{ km}^3$ とされる。海水 1 l 中に平均 36.0 g の塩化ナトリウムがあるとすれば、この海洋全体に

何 mol の塩化ナトリウムが含まれるか。原子量は $\text{Na}=23.0$, $\text{Cl}=35.5$, km^3 は $(10^3 \text{ m})^3$ とする。(千葉大)

12. (質量と原子数) アルミニウム、亜鉛、ニッケルおよび銅の比重はそれぞれ 2.70, 7.14, 8.85 および 8.92 である。これらの金属の 1 m^3 中に含まれる原子数の多いものから順に並べよ。原子量は $\text{Al}=27.0$, $\text{Zn}=65.4$, $\text{Ni}=58.7$, $\text{Cu}=63.5$ とする。(山梨大)

13. (原子数と式量) 元素 A と B からなる結晶を調べたところ、一辺が $5.6 \times 10^{-8} \text{ cm}$ の単格子 (立方体) の中に A 元素の原子が 4 個、B 元素の原子が 4 個含まれており、また密度は 2.2 g/cm^3 であった。この結晶の式量に最も近いものを次のうちから選べ。

- ① 79 ② 39 ③ 58 ④ 87 ⑤ 116 ⑥ 169 (日本大)

14. (気体の体積と分子数) 標準状態の空気 1 m^3 中には何個の窒素分子が存在するか。次のうち、もっとも近いものを選べ。

- (A) 2.1×10^{19} (B) 4.3×10^{19} (C) 2.7×10^{20}
(D) 5.0×10^{20} (E) 4.3×10^{21} (芝浦工大)

15. (0°C , 1 atm の気体と分子量) 分子量 20 の気体 A と分子量 M の気体 B が体積比で $A:B=1:3$ の割合に混合されている。この混合気体 2.24 l (0°C , 1 atm) の質量は 0.8 g である。B の分子量を求め、最も近い整数値で答えよ。(東京大)

演 習 問 題 B

16. (同位体と原子量・分子量) 自然界に存在する炭素には ^{12}C 98.9%, ^{13}C 1.1% の割合で、塩素には ^{35}Cl 75.8%, ^{37}Cl 24.2% の割合で同位体がある。つぎの記述のうち、正しいものはどれか。

- (1) メタノール (密度 0.79 g/cm^3) 1 l 中には、 ^{13}C を含む分子が 11 g 存在する。
(2) 塩素ガスには、 ^{35}Cl を含む分子と含まない分子が 75.8:24.2 の割合で存在する。